

Левченко О.Г., д.т.н., проф.,
Полукаров Ю.О., к.т.н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБЛЕННЯ НОВОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ КОМПЛЕКСУ ШКІДЛИВИХ І НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Levchenko O.G., Dr. Eng. Sc., Prof.,
Polukarov Y.O., Cand. Eng. Sc., Ass. Prof.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF A NEW INFORMATION- ANALYTICAL SYSTEM FOR THE EVALUATION OF A COMPLEX OF HARMFUL AND DANGEROUS FACTORS DURING WELDING AND WELDING

Мета. Обґрунтування необхідності створення системи комплексної санітарно-гігієнічної оцінки шкідливих та небезпечних факторів при застосуванні зварювальних процесів на основі інтегрального показника безпеки. **Завдання.** Аналіз комплексу шкідливих і небезпечних факторів, що діють на працівників під час застосування різних способів зварювання та споріднених технологій, а також інформаційно-аналітичних систем, що створювалися для вибору відповідних заходів та засобів захисту. **Результати дослідження.** На підставі проведеного аналізу шкідливих і небезпечних факторів зварювального виробництва та професійних захворювань працівників даної сфери визначено основні заходи, спрямовані на покращення умов праці зварників. **Наукова новизна.** Запропоновано узагальнений «показник безпеки» для різних способів зварювання, який враховуватиме комплекс шкідливих і небезпечних факторів, характерних для конкретного способу зварювання для гігієнічно обґрунтованого вибору способу зварювання, зварювальних матеріалів та засобів захисту зварників. **Висновки та практичне значення.** Обґрунтовано необхідність розроблення нової інформаційно-аналітичної системи з охорони праці у зварювальному виробництві та викладено основні аспекти та перспективи її застосування.

Ключові слова: електрозварювання; шкідливі та небезпечні фактори; заходи захисту; професійне захворювання; зварювальний аерозоль; інформаційно-аналітична система.

ВСТУП

На сьогоднішній день зварювання є одним з базових технологічних процесів сучасного виробництва. Зварювальні процеси широко застосовуються в машинобудуванні та суднобудуванні, у будівництві мостів, трубопроводів, промислових та житлових споруд тощо. У зварювальному виробництві індустріально розвинутих країн працюють сотні тисяч зварників, праця яких характеризується високим ступенем ризику отримання професійних захворювань через вплив на організм комплексу шкідливих і небезпечних чинників, джерелами яких є зварювальні технологічні процеси та матеріали. Попри те, що для мінімізації впливу шкідливих виробничих чинників застосовується ціла низка заходів, рівень професійної захворюваності в даній галузі залишається на високому рівні й сьогодні.

Актуальність теми полягає у відсутності механізму здійснення ефективного вибору заходів і засобів захисту працівників під час проведення різних способів зварювання та споріднених технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час зварювального процесу на працівника впливає цілий комплекс шкідливих та небезпечних виробничих чинників (табл. 1), що мають різну природу: хімічну (зварювальний аерозоль (ЗА), газ), фізичну (ультрафіолетове, інфрачервоне та видиме випромінювання, шум дуги, електромагнітні поля і випромінювання, іскри, бризки і викиди розплавленого металу, статичне навантаження та наявність електричного струму), психофізіологічну (фізичне та нервово–психічне перевантаження) [1].

Попри всі намагання удосконалювати технологічні режими та зварювальні матеріали гігієнічні проблеми зварювального виробництва, зокрема в Україні, досі залишаються невирішеними. Умови праці зварників залишаються незадовільними, що суттєво позначається на їх здоров'ї та, як наслідок, на працездатності. Комплексний характер негативного впливу на здоров'я зварників множини виробничих факторів, а також тяжкості і напруженості праці, вимагають розробку і впровадження різноманітних науково обґрунтованих заходів, спрямованих на зменшення дії комплексу шкідливих факторів.

Постановка завдання. Обґрунтування необхідності створення системи комплексної санітарно–гігієнічної оцінки шкідливих та небезпечних факторів при застосуванні зварювальних процесів на основі узагальненого показника безпеки.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Найбільшу шкоду здоров'ю зварників та працівників, що перебувають у зоні, де здійснюється зварювальний процес, чинить зварювання плавленням. Вплив концентрованих джерел тепла (дуга, плазма, промінь лазера та ін.) призводить до інтенсивного випаровування основного, електродного металу і компонентів шлакоутворюючої основи. Внаслідок цього в навколишнє середовище виділяються зварювальні аерозолі, що містять токсичні сполуки марганцю, хрому, нікелю, фтору, заліза, оксиди азоту, монооксид вуглецю, озон та інші небезпечні для здоров'я людини речовини [2]. Як свідчать результати медичних обстежень, серед професійних захворювань зварників України 80% складають бронхо–легеневі захворювання, а саме – пневмоконіоз та хронічний бронхіт. Нерідко, мають місце хронічна інтоксикація марганцем та іншими токсичними компонентами ЗА, а також ризик виникнення онкологічних захворювань внаслідок дії шестивалентного хрому на організм людини. Відтак, робота зварника на сьогоднішній день є однією з найбільш професійно шкідливих, що негативно позначається на соціальному престижі даної надзвичайно важливої для багатьох сфер промисловості професії.

Додатково ускладнює ситуацію той факт, що тверді частинки ЗА мають найдрібніші розміри (від тисячних часток до 10 мкм), і тому за рахунок аеродинамічних сил тривалий час можуть знаходитися в повітрі у зваженому стані, проникаючи в органи дихання працюючих. Вони можуть накопичуватися в атмосферному повітрі, осідати на ґрунті землі та потрапляти у воду. Внаслідок малих розмірів твердих частинок ЗА і високої хімічної активності деяких їхніх компонентів вони мають високу проникаючу здатність в організм людини.

При зварюванні покритими електродами в ЗА переходить 1...3% його маси, а у випадку зварювання плавким електродом в захисних газах – 0,5...2,0% маси зварювального дроту. Враховуючи те, що щорічно у світі використовуються десятки і сотні тисяч тон таких зварювальних матеріалів, можна уявити розміри екологічного впливу. Застосування інших видів зварювальних матеріалів (порошкових дротів,

флюсів та ін.) теж супроводжується відповідними рівнями викидів ЗА. Це змушує дедалі більшу увагу приділяти проблемі захисту не лише працівників, а й навколишнього середовища від промислових викидів ЗА.

Професійні захворювання зварників

Як свідчать статистичні дані, рівень професійної захворюваності в машинобудівній промисловості, де широко застосовується електродугове зварювання, значно більший, ніж в інших галузях промисловості.

За своєю етіологією професійні захворювання у зварювальному виробництві можна розділити на три основні групи [1]:

- захворювання, викликані дією хімічних факторів;
- захворювання, викликані фізичними факторами (нагрівання чи охолодження, мікроклімат, шум, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання);
- захворювання під дією фізичного навантаження, а також одноманітних, часто повторювальних рухів, вимушеної пози.

Розглянемо кожну з цих видів професійних захворювань з аналізом факторів, які їх викликають.

Вплив хімічних факторів

Нажаль комплекс шкідливих і небезпечних факторів, зазначених в таблиці 1, завжди супроводжує зварювальний процес. Одну з головних загроз для здоров'я зварників становить ЗА, методи захисту від якого, вкрай рідко є досконалими на вітчизняних підприємствах. Вплив ЗА на організм призводить до бронхо–легеневих захворювань зварників. В першу чергу, це – пневмоконіоз, що проявляється у зварників, які відпрацювали у зварювальних цехах більше 15 років, і хронічний бронхіт, що може виникати вже через 5 років праці зварника.

Як свідчать статистичні дані, при виконанні зварювальних робіт у замкнених просторах, де практично неможливо забезпечити ефективне вентилування, період розвитку пневмоконіозу скорочується до 5 років. Також є дані, які свідчать про те, що вплив канцерогенних речовин шестивалентного хрому й нікелю у складі ЗА на органи дихання може підвищувати ризик розвитку онкологічних захворювань [3–8].

До професійних захворювань зварників відносяться також інтоксикація (отруєння) марганцем, що характеризується ураженням центральної нервової системи. Наявність у повітрі високих концентрацій монооксиду вуглецю може зумовлювати виникнення як гострого, так і хронічного отруєння. Вплив оксидів азоту в закритих приміщеннях може проявлятися розвитком набряку легенів. Підвищений вміст твердих та газоподібних сполук фтору в ЗА призводить до ураження слизової оболонки верхніх дихальних шляхів, бронхів, розвитку бронхопневмонії. Озон в малих кількостях має подразнювальну дію, а в великих – руйнівну дію на верхні дихальні шляхи. Окрім цього, ЗА за певних умов можуть провокувати функціональні порушення центральної нервової та серцево–судинної систем, алергічні захворювання, статеві ускладнення і багато інших [2]. Отже, як бачимо, ЗА має комплексний негативний вплив на організм людини та може викликати чимало небезпечних захворювань чи розладів в роботі внутрішніх органів та систем.

Вплив фізичних факторів

Електричне обладнання, яке використовується при зварюванні є джерелом доволі інтенсивного електромагнітного випромінювання в широкому діапазоні частот. Так, більшість способів контактного зварювання супроводжується підвищеними рівнями магнітних полів [9].

Таблиця 1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при зварюванні і споріднених процесах

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори										Небезпечні виробничі фактори			
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Іонізуючі випромінювання	Шум	Ультразвук	Статичне навантаження на руку	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і вироби, що рухаються	Системи, які знаходяться під тиском, що не дорівнює атмосферному
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
Ручне дугове зварювання покритими електродами	xx	xx	xx	xx	–	–	–	x	–	x	xx	xx	x	–
Зварювання під флюсом:														
напівавтоматичне	xx	–	–	x	–	–	–	x	–	x	xx	–	xx	–
автоматичне	xx	–	–	x	–	–	–	x	–	–	xx	–	xx	–
Дугове зварювання в захисних газах:														
напівавтоматичне	xx	xx	xx	xx	–	–	–	x	–	xx	xx	xx	xx	xx
автоматичне	xx	xx	xx	xx	–	–	–	x	–	–	xx	xx	xx	xx
Електрошлакове зварювання	xx	x	x	xx	–	–	–	x	–	–	xx	x	xx	–
Контактне зварювання (точкове, рельєфне, шовне та ін.)	xx	–	–	x	x	x	–	x	–	x	xx	x	xx	x
Контактне стикове зварювання оплавленням	xx	–	–	x	x	x	–	x	–	x	xx	x	xx	x
Електронно–променеве зварювання	x	xx	xx	–	–	–	xx	x	–	–	xx	–	x	x
Зварювання тертям	–	–	–	–	–	–	–	x	–	–	xx	xx	xx	–
Дифузійне зварювання	–	–	–	–	xx	–	–	x	xx	–	xx	–	xx	x
Ультразвукове зварювання	x	–	–	–	–	–	–	xx	xx	–	x	–	x	–
Зварювання струмами підвищеної частоти	–	–	–	–	xx	–	–	–	–	–	xx	–	x	–
Газове зварювання	x	xx	xx	xx	–	–	–	x	–	x	–	xx	x	xx
Плазмове зварювання	xx	x	xx	xx	–	–	x	x	x	–	xx	xx	x	xx
Кисневе, киснево–флюсове різання	xx	x	xx	xx	–	–	–	xx	x	x	–	xx	x	xx
Плазмове різання	xx	x	xx	xx	–	–	x	xx	xx	xx	xx	xx	x	xx
Лазерне зварювання і різання	x	x	x	xx	–	–	–	x	–	–	xx	–	x	xx
Наплавлення	xx	x	xx	x	–	–	–	–	–	x	xx	x	x	x
Пайка	xx	–	–	–	–	–	–	–	–	–	xx	–	–	–
Напилення	xx	Xx	x	X	–	–	–	xx	xx	–	xx	Xx	x	X

Примітки: xx – інтенсивний фактор; x – помірний фактор; (–) – незначний фактор чи його відсутність

При всіх способах зварювання металів відкритою дугою, за виключенням зварювання під флюсом, має місце утворення видимого випромінювання, ультрафіолетових (УФ) променів, іскор та бризок розплавленого металу і шлаку. Практично всі ці процеси генерують інфрачервоне (ІЧ) випромінювання зварювальної дуги і нагрітого основного металу.

Горіння зварювальної дуги характеризується випромінюванням яскравих світлових, невидимих ультрафіолетових та теплових інфрачервоних променів. З підсиленням сили струму спектральний склад променів хоча й не змінюється, однак інтенсивність випромінювання помітно зростає.

Як свідчать дані, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання при ручному дуговому зварюванні та зварюванні в захисних газах багатократно перевищує нормативні значення на відстані декількох десятків метрів від зварювальної дуги [10], що створює шкідливу дію на органи зору працівників, які знаходяться неподалік від місця зварювання.

Видимі світлові промені засліплюють очі, оскільки яскравість цих променів у 10000 разів перевищує природну. Явну виражену негативну дію мають і невидимі ультрафіолетові промені, викликаючи електрофтальмію навіть під час нетривалої дії на очі. У більшості випадків хвороба проявляється за кілька годин після того, як робітник подивиться незахищеними очима на зварювальну дугу. Характерними ознаками даної хвороби є різь в очах, спазми повік та почервоніння слизової оболонки повіки. У залежності від тяжкості захворювання триває від однієї до кількох діб. Окрім цього, ультрафіолетові промені впливають не лише на очі, але й на відкриті ділянки шкіри, призводячи до опіків, аналогічних сонячним.

У залежності від способу зварювання на долю випромінювання в УФ діапазоні спектра припадає 1...40% інтегральної інтенсивності променистого потоку. Зі збільшенням сили зварювального струму та напруги дуги інтенсивність УФ складової випромінювання оптичного діапазону підвищується. Спектр випромінювання зміщується в бік коротких хвиль. Склад покриття електродів і присаджувальних матеріалів також відчутно впливають на інтенсивність та спектр УФ випромінювання. Особливо помітний вплив на величину УФ радіації проявляє склад захисного газу. Так, зі збільшенням вмісту аргону в захисній газовій суміші інтенсивність УФ випромінювання підвищується. Введення в захисне середовище вуглецевого газу і гелію викликають зміщення спектра випромінювання в бік коротких хвиль. Зі збільшенням відстані від дуги інтенсивність УФ радіації знижується. Опромінення тіла зварника, в першу чергу, залежить від відбиваючих та пропускаючих властивостей спецодягу. Вплив УФ випромінювання на незахищені очі може призвести до електрофтальмії, погіршення зору, кон'юнктивіту тощо [1].

Зварювальний процес є одним з інтенсивних джерел інфрачервоного (ІЧ) випромінювання. Причому, воно здійснює вплив не лише на самого зварника, але й на оточуючий персонал, що знаходиться поблизу. ІЧ випромінювання під час зварювання виробів з підігрівом, зокрема деталей великих розмірів, є фактором, що формує умови мікроклімату у виробничих приміщеннях. У залежності від сили зварювального струму, температури дуги і зварювальної ванни, ступеня підігрівання та інших умов випромінювання має різний спектральний склад і охоплює діапазон 0,76...10 мкм і більше. Інтенсивність опромінення робочих місць коливається в межах 100...2450 Вт/м². Інтенсивність ІЧ випромінювання залежить від режимів зварювання, потужності дуги і зростає від 350...400 Вт/м² при зварюванні покритими електродами на режимах 150...200 А до 1200...1500 Вт/м² при зварюванні кольорових металів в інертних газах, а також при зварюванні попередньо нагрітих конструкцій.

Інфрачервоні промені також можуть призводити до опіків. Тривала дія даних променів на очі може призвести до помутніння кришталика, що зумовлює виникнення катаракти та інших хвороб.

Можуть мати місце й термічні опіки в результаті потрапляння на тіло бризок розплавленого металу. Найнебезпечніше в цьому відношенні є електрошлакове зварювання, за якого поверхня зварювальної ванни відкрита та ще й нагріта до високих температур. Якщо у шлаковій ванні опиниться хоча б трохи вологи, може статися виплескування гарячого металу. Крім того, під час охолодження гарячий затверділий шлак може відлетіти від шва. Опіки краплями металу трапляються також в процесі заміни електродів та їх очищенні від нагару та бризок.

Негативний вплив на здоров'я зварників чинить також переохолодження організму в холодний період року. У першу чергу страждають зварники ручного дугового зварювання, які можуть доволі тривалий час здійснювати зварювальний процес на відкритих місцях у статичній позі.

Ще одним шкідливим чинником, що супроводжує зварювальний процес, є шум, що створюється дугою, який залежить від режиму зварювання. Так при механізованому зварюванні у вуглекислому газі при зміні сили струму з 200 до 450 А рівень шуму зростає з 86 до 97 дБА, а при зварюванні в аргоні ще більше, тобто на окремих режимах перевищує норму [11]. Під час плазмового різання та зварювання металів на робітників може впливати виробничий шум, що виникає внаслідок проходження плазми з великою швидкістю через сопло плазмотрона. У цьому випадку інтенсивність звукового та ультразвукового тиску може сягати 120...130 дБА. Не варто також забувати й про шум, що генерує технологічне обладнання [1].

Навіть попри те, що в процесі зварювання використовується досить низька напруга, ймовірність ураження електричним струмом залишається доволі високою. Неприятливі умови навколишнього або робочого середовища зварників (недостатня електрична ізоляція апаратів та приводів живлення, підвищена вологість, незадовільний стан спецодягу або тісні простори) суттєво збільшують ймовірність уражень електричним струмом.

В умовах зварювального виробництва електротравми відбуваються під час руху струму за одним з трьох шляхів: рука – тулуб – рука; рука – тулуб – нога; обидві руки – тулуб – обидві ноги. При проходженні струму третім шляхом опір ланцюга є найбільшим, а отже, ступінь травматизму є найменшим. Найбільш сильна дія струму буде у випадку його проходження першим шляхом.

Вплив психофізіологічних факторів

Не можна недооцінювати й психофізіологічну дію на зварників, яка проявляється у вигляді фізичних та нервово-психічних перевантажень [1]. Внаслідок фізичних перевантажень зварник піддається впливу статичного та динамічного перенапруження, що залежать від маси зварювального інструменту, гнучкості шлангів і дротів, тривалості безперервної роботи, підтримання робочої пози. Нерідко через статичне перенапруження зварники скаржаться на захворювання нервово-м'язового апарата плечового пояса. Нервово-психічні перевантаження, в свою чергу, призводять до перенапруження зорових аналізаторів та виникненню нервово-емоційного перенапруження у зварників. Ці перевантаження залежать від низки факторів: напруги зору, викликаній безперервністю спостереження за не досить контрастними елементами зони зварювання невеликих розмірів (зварювальна ванна, зазор у стику, глибина кратера, шов, що затвердіває тощо), відповідальності за високу якість зварних з'єднань та складності роботи. Це може призвести до втоми, а згодом й до порушення скорочувальної функції м'язів очей. Нервово-емоційне перенапруження може негативно позначитись на роботі серцево-судинної та центральної нервової систем у вигляді підвищення артеріального тиску, зміни латентного періоду рухово-моторної реакції тощо.

Останнім часом помітна тенденція підвищення рівня захворювань нервово-мозкового апарата у зв'язку з використанням одноманітних, часто повторювальних рухів і фізичним навантаженням. Зазвичай, ці захворювання характерні для зварників,

які працюють на ділянках, де лише частково реалізована автоматизація і механізація та на ділянках ручного зварювання.

На практиці в реальному виробничому середовищі на організм працівника одночасно можуть діяти одразу декілька шкідливих факторів, підсилюючи негативний вплив на здоров'я.

Заходи нормалізації умов праці зварників

Для вирішення проблеми ефективного захисту зварників необхідно створити комплекс заходів – поєднання технологічних та санітарно-технічних заходів щодо усунення та мінімізації утворення шкідливої дії ЗА, а також застосування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) зварників [1]. Технологічні заходи передбачують зниження інтенсивності виділення ЗА в повітря за рахунок удосконалення зварювального процесу, вибору технології і способу зварювання, виду і марки зварювального матеріалу, захисного газу та режиму зварювання. Однак у вітчизняних умовах далеко не завжди можливо підібрати хоча б відносно безпечну, з гігієнічної точки зору, технологію чи технологічний режим, що робить даний напрям, безумовно, перспективним, алетаким, який важко реалізувати. Санітарно-технічні заходи ґрунтуються на локалізації і нейтралізації ЗА завдяки застосуванню засобів місцевої вентиляції. Проте не в кожному випадку є змога створити ефективне вентилявання, а в окремих випадках це взагалі є нереальною задачею. До того ж на сьогоднішній день собівартість ефективних сучасних вентиляційних систем можна співвіднести з собівартістю проведення самого зварювального процесу. Ще одним заходом є застосування ЗІЗОД, які дозволяють захищати органи дихання зварників у різних виробничих умовах. Але працювати в цих засобах не досить зручно, особливо протягом тривалого періоду. Окрім цього, дійсно якісні засоби є достатньо дорогими та часто не по кишені для багатьох вітчизняних підприємств.

Аналіз існуючих розробок інформаційно-аналітичних систем у зварювальному виробництві

Виходячи з вищенаведеного аналізу множини шкідливих факторів, що супроводжують зварювальні процеси, стає цілком зрозуміло, що їх урахування є дуже складною задачею, насамперед, через велике різноманіття та різну природу дії шкідливих і небезпечних факторів [1]. Проте, зробити це необхідно, оскільки без оцінки комплексу цих факторів неможливо розробити по-справжньому ефективні заходи, спрямовані на мінімізацію ризику отримання професійних захворювань, та, зрештою, мати можливість обирати гігієнічно безпечні види та способи зварювання.

Як показує практика, обґрунтований та раціональний вибір засобів і заходів захисту у зварювальному виробництві фактично неможливий без використання комп'ютеризованих інформаційно-аналітичних систем.

Так, інформаційно-пошукова система ECO – WELD, створена в ІЕЗ. ім. Є.О. Патона, дозволяє отримувати інформацію щодо зварювальних аерозолів, параметрів зварювання та зварювальних матеріалів для різних способів зварювання [12]. Накопичена за багато років фундаментальна база даних щодо зварювальних матеріалів, засобів захисту та зварювальних аерозолів – безумовна перевага даної системи. Також з її допомогою можливо розраховувати необхідний повітрообмін та вибирати необхідну вентиляційну систему й засіб індивідуального захисту.

У свою чергу інший програмний продукт – інформаційно-аналітична система ІАС ЗС, розроблена в Національному НДІ промислової безпеки та охорони праці, на підставі оцінки взаємозв'язку між пиловим навантаженням на органи дихання зварників та ризиком професійних захворювань, дозволяє планувати працезахоронні економічно-обґрунтовані заходи з попередження даного явища [13]. В основу даного програмного комплексу закладено поняття «дозового підходу» щодо пилового навантаження на організм зварника, який враховує середньозмінну концентрацію пилу в повітрі робочої зони, середньозмінний об'єм легеневої вентиляції, що залежить від

категорії важкості праці, час безпосереднього контакту зварника з пилом і коефіцієнт ефективності використання засобів захисту зварника. До основного недоліку даної розробки слід віднести той факт, що отримані за її допомогою математичні моделі базуються переважно на літературних даних лише для кількох марок зварювальних електродів, що суттєво обмежує сферу застосування даної системи.

ВИСНОВКИТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі проведеного аналізу шкідливих і небезпечних факторів, які виникають під час зварювання, а також на підставі переваг і недоліків двох попередніх програмних продуктів, спрямованих на обґрунтування вибору засобів захисту, стає зрозуміло, що наразі актуальною задачею є розробка інформаційно-аналітичної системи нового покоління. Дана система повинна враховувати основні зварювально-технологічні чинники: спосіб зварювання; вид і марку зварювального матеріалу; хімічний клас зварювального аерозолі; режим зварювання (рід і величина зварювального струму, напруга дуги, полярність). Разом з цим, система, що проектується, має враховувати множину шкідливих і небезпечних факторів, що супроводжують зварювальний процес, як фізичного, так і хімічного характеру. Варто врахувати й психофізіологічні фактори, які також вносять свій негативний внесок у загальний ризик професійної захворюваності зварників. Окрім цього, інформаційно-аналітична система має враховувати забезпеченість зварників вентиляційними системами, засобами індивідуального захисту та ефективність поєднання цих засобів. Планується, що така інформаційно-аналітична система здійснюватиме оцінку небезпеки для найбільш розповсюджених видів і способів зварювання. Створення якогось одного загального показника, який би враховував абсолютно усі негативні фактори, що діють на працівників під час зварювального процесу є практично нереальною задачею, насамперед, через той факт, що для різних технологій зварювання комплекс факторів суттєво відрізняється. До того ж, ці фактори, як правило, мають різну природу та характер дії, що фактично унеможливорює створення відповідної математичної моделі через відсутність будь-яких взаємозв'язків між ними. Тому для кожного способу зварювання слід запропонувати свій «показник небезпеки», який враховуватиме комплекс шкідливих і небезпечних факторів характерний конкретно для даного способу зварювання. За рахунок такого підходу можна буде отримати дійсно обґрунтовані рекомендації щодо вибору для практичного застосування способу зварювання та зварювальних матеріалів, спираючись на гігієнічні показники, а також здійснювати оптимальний вибір засобів захисту зварників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левченко, О.Г. (2010). *Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник*. Київ: Основа.
2. Левченко, О.Г. (2015). *Сварочные аэрозоли и газы: процессы образования, методы нейтрализации и средства защиты*. Киев: Наукова думка.
3. Горбань, Л.Н. & Лубянова, И.П. (1991). Интенсификация процессов дуговой сварки и проблемы сохранения здоровья сварщика. *Сварочное производство*, 3, 33–34.
4. Kundiev, Y. & Gorban, L. (1985). *Some approaches to the establishment of permissible levels of welding aerosols in the air*, International conference. Copenhagen, Denmark: Excerpta Medica.
5. Stern, R.M. (1986). Assessment management and reduction of risk for welder. *Institute International Welding*, 31.
6. World Health Organization Regional office for Europe. (1983). *Health effects of occupational exposure of welder to chromium. Health Aspects of Chemical Safety*, Copenhagen: Denmark.
7. Горбань, Л.Н., Краснюк, Е.П. & Факторов, И.Е. (1983). Влияние условий труда на состояние здоровья и заболеваемость работающих в сварочном производстве. *Гигиена труда*, 19, 40–49.

8. Киреев, В.И., Мосолов, Н.И., Головатюк, А.П. & Супрун, С.А. (1980). Гигиеническая оценка воздушной среды при сварочных работах. *Медицина*, 91–100.
9. Левченко, О.Г. & Левчук, В.К. (2008). Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке. *Автоматическая сварка*, 5, 46–55.
10. Левченко, О.Г., Малахов, А.Т. & Арламов, А.Ю. (2014). Ультрафиолетовое излучение при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. *Автоматическая сварка*, 7, 155–158.
11. Левченко, О.Г., Кулешов, В.А. & Арламов, А.Ю. (2015). Характеристики шума при сварке в аргоносодержащих защитных газах. *Автоматическая сварка*, 9, 56–59.
12. Демченко, В.Ф., Левченко, О.Г., Метлицкий, В.А. & Козлитина, С.С. (2001). Информационно–поисковая система гигиенических характеристик сварочных аэрозолей. *Сварочное производство*, 8, 41–45.
13. Полукаров, О.І., Кружилко, О.Є. & Полукаров, Ю.О. (2006). Використання інформаційно–аналітичної системи при плануванні працезахоронних заходів у зварювальному виробництві. *Сварщик*, 2, 42–44.

REFERENCES

1. Levchenko, O.H. (2010). *Okhorona pratsi u zvariuvalnomu vyrobnytstvi*: Navchalnyi posibnyk. Kyiv: Osnova.
2. Levchenko, O.G. (2015). *Svarochnyyeaerozoliigazy: protsessy obrazovaniya, metody neytralizatsii i sredstva zashchity*. Kiyev: Naukovadumka.
3. Gorban, L.N. & Lubyanova, I.P. (1991). Intensifikatsiya protsessov dugovoy svarki i problem sokhraneniya zdorovia svarshchika. *Svarochnoye proizvodstvo*, 3, 33–34.
4. Kundiev, Y. & Gorban, L. (1985). *Some approaches to the establishment of permissible levels of welding aerosols in the air*, International conference. Copenhagen, Denmark: Excerpta Medica.
5. Stern, R.M. (1986). Assessment management and reduction of risk for welder. *Institute International Welding*, 31.
6. World Health Organization Regional office for Europe. (1983). *Health effects of occupational exposure of welder to chromium. Health Aspects of Chemical Safety*, Copenhagen: Denmark.
7. Gorban, L.N., Krasnyuk, E.P. & Faktorov, I.E. (1983). Vliyaniye usloviy truda na sostoyaniye zdorovia i zabolevayemost rabotayushchikh v svarochnom proizvodstve. *Gigiyena truda*, 19, 40–49.
8. Kireyev, V.I., Mosolov, N.I., Golovatyuk, A.P. & Suprun, S.A. (1980). Gigiyenicheskaya otsenka vozdushnoy sredy pri svarochnykh rabotakh. *Meditcina*, 91–100.
9. Levchenko, O.G. & Levchuk, V.K. (2008). Bezopasnyy uroven napryazhennosti elektromagnitnogo polya pri kontaktной сварке. *Avtomaticheskaya svarka*, 5, 46–55.
10. Levchenko, O.G., Malakhov, A.T. & Arlamov, A.Yu. (2014). Ultrafioletovoye izlucheniye priruchnoy dugovoy svarkе pokrytymi elektrodami. *Avtomaticheskaya svarka*, 7, 155–158.
11. Levchenko, O.G., Kuleshov, V.A. & Arlamov, A.Yu. (2015). Kharakteristiki shumapri svarkе vargonosoderzhashchikh zashchitnykhgazakh. *Avtomaticheskayasvarka*, 9, 56–59.
12. Demchenko, V.F., Levchenko, O.G., Metlitskiy, V.A. & Kozlitina, C.C. (2001). Informatsionno–poiskovaya sistema gigiyenicheskikh kharakteristik svarochnykh aerозoley. *Svarochnoye proizvodstvo*, 8, 41–45.
13. Polukarov, O.I., Kruzhylo, O.Ye. & Polukarov, Yu.O. (2006). Vykorystannia informatsiino–analitichnoi systemy pry planuvanni pratseokhoronnykh zakhodiv u zvariuvalnomu vyrobnytstvi. *Svarshchychk*, 2, 42–44.

Стаття надійшла до редакції 18.11.2019